Cryptogamie, Algol. 1993, 14 (1): 11-19

CINGULUM ET SYSTÈME RAPHÉEN CHEZ *EUNOTIA ARCUS* et *EUNOTIA BILUNARIS* (BACILLARIOPHYCÉES).

R. Le COHU

Laboratoire d'Hydrobiologie, U.R.A. C.N.R.S. n° 695, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, F. 31062 Toulouse cedex.

RÉSUMÉ - Deux espèces du genre *Eunotia, Eunotia arcus* Ehr. et *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills ont été étudiées au microscope électronique à balayage afin d'analyser l'organisation du cingulum et la structure du système raphéen. L'épicingulum recouvre presque entièrement l'hypocingulum, ce qui rend difficile l'examen du cingulum dans son entier; cependant, la valvocopula et les copulae sont décrites. Les copulae distales sont moins larges que les copulae proximales. La structure du système raphéen des deux espèces précitées est comparée à celle de quelques autres espèces: *Eunotia formica* Ehr., *Eunotia parallela* Ehr., *Eunotia rhomboidea* Hust. et *Eunotia incisa* Greg.

ABSTRACT - Two species in the genus *Eunotia, Eunotia arcus* Ehr. and *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills have been studied using scanning electron microscopy. The cingulum arrangement and in addition the raphe system have been examined. The epicingulum overlaps almost entirely the hypocingulum, [redacted] that the whole structure is difficult to investigate: however, the valvocopula and the copulae are described. The copulae width diminishes from valvocopula to cingulum edge. The raphe structure of the species *Eunotia arcus* and *Eunotia bilunaris* is compared with that of [redacted] few other species: *Eunotia formica* Ehr., *Eunotia parallela* Ehr., *Eunotia rhomboidea* Hust. and *Eunotia incisa* Greg.

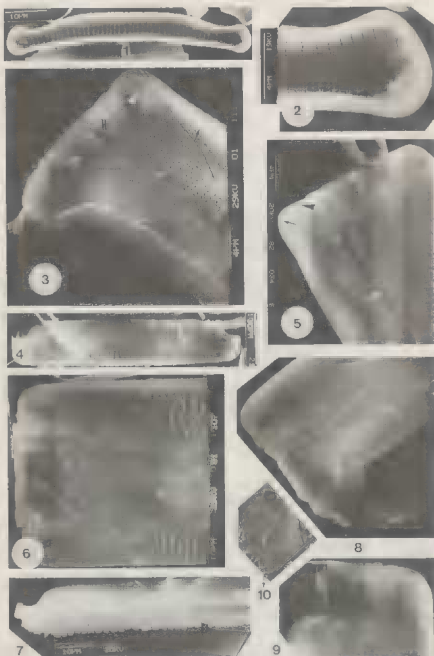
MOTS CLÉS : Bacillariophycées, *Eunotia*, raphé, cingulum.

INTRODUCTION

Beaucoup d'espèces du genre *Eunotia* sont confinées aux milieux à tendance acide (Alles *et al.,* 1991); elles se trouvent rarement en grande quantité dans un biotope donné et leur présence est accidentelle dans le plancton. Au microscope électronique, les études portant sur ce genre sont donc peu fréquentes surtout si on les compare au nombre de travaux suscités par les taxons planctoniques tels le complexe *Fragilaria-Synedra* ou les petites centrales telles *Cyclotella* ou *Stephanodiscus.*

Ces dernières années, la taxonomie du genre *Eunotia* a été quelque peu affinée (Alles *et al.* 1991; Krammer & Lange-Bertalot, 1991), en partie grâce à l'apport du microscope électronique. Au niveau de la structure fine, Schrader (1974) a été un des premiers à s'intéresser au système raphéen; Hasle (1973) montra que, généralement, une seule rimoportula était présente sur chaque valve; Moss *et al.* (1978), Kobayasi *et al.* (1981), Steinman & Sheath (1984), Carter & Flower (1988) et Round *et al.* (1990) ajoutèrent leur contribution soit en confirmant les observations antérieures soit en affinant la description de certaines structures.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

Le but de ce travail est d'apporter d'une part, de nouvelles informations sur la morphologie des bandes cingulaires de *Eunotia arcus* Ehr. et *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills et d'autre part de comparer leur système raphéen avec celui de *Eunotia fornica* Ehr., *E. parallela* Ehr., *E. rhomboidea* Hust. et *E. incisa* Greg.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les prélèvements étudiés ont deux provenances:

1° une petite tourbière à sphaignes située aux abords d'un petit torrent pyrénéen, l'Azet, qui se jette dans la Neste d'Aure en aval de St-Lary (Hautes-Pyrénées); cette tourbière se situe à une altitude d'environ 1200 m.

2° la rivière Scorff (Bretagne) qui se jette dans l'océan Atlantique à Lorient (Morbihan).

Les frustules ont été nettoyés soit à l'eau oxygénée 110 volumes soit à l'acide sulfurique concentré. Par la suite, les échantillons ont été préparés de manière classique avec métallisation à l'or-palladium pour l'observation au microscope électronique à balayage (M.E.B.), les diatomées étant disposées soit sur une lamelle de verre fixée au support par du vernis à ongle soit sur des filtres "nucléopore" collés directement sur le support. La sonication a été utilisée pour briser les frustules et essayer de séparer les différents éléments de la ceinture.

La terminologie suivie est généralement celle de Ross *et al.* (1979). Pour la détermination des espèces, l'ouvrage de référence est celui de Krammer & Lange-Bertalot (1991).

RÉSULTATS

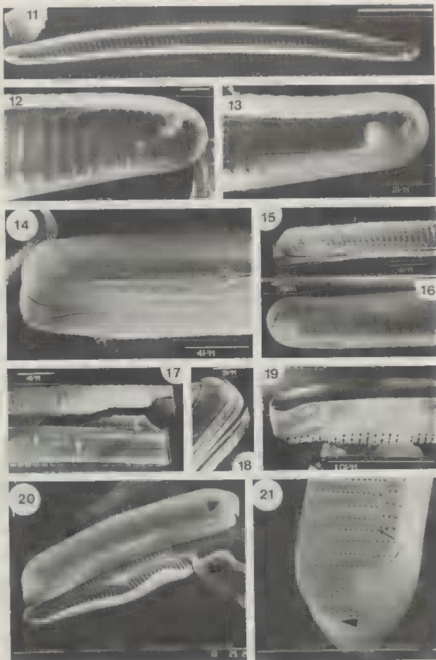
Eunotia arcus Ehr.

Les spécimens examinés (fig. 1) proviennent de la tourbière à sphaignes d'Azet. Chaque valve est pourvue d'une rimoportula (fig. 2). Les stries sont interrompues du côté ventral de la valve par le sternum (Round *et al.*, 1990) puis reprennent sur le manteau (fig. 3, flèche noire); par contre, sur le côté dorsal, les stries ne présentent aucune discontinuité valve-manteau (fig. 5). Sur ce dernier, on observe fréquemment des stries raccourcies (fig. 4). Comme chez tous les *Eunotia*, les deux branches du raphé sont courtes et situées sur le manteau, côté ventral de la valve (fig. 3); elles se terminent dans leur partie proximale sur une area hyaline lancéolée (fig. 6, "nodule cen-

---

Fig. 1-10: *Eunotia arcus*. Fig. 1: vue interne d'une valve. Fig. 2: vue interne du pôle avec hélictoglosse et rimoportula. Fig. 3: vue externe, valvocopula de l'hypocingulum (H), copulae ou fragments de copulae (flèches, cf. texte). Fig. 4: vue externe de la valve et de la valvocopula. Fig. 5: vue d'un frustule entier avec épi. et hypocingulum, la flèche noire indique la fissure terminale; la flèche noire étêtée montre l'ouverture externe de la rimoportula (flèche blanche, cf. texte). Fig. 6: frustule entier avec épicingulum et la flèche une partie de la valvocopula de l'hypovalve. Fig. 7: valvocopula. Fig. 8: vue montrant les lignes transversales de pores d'une copula (flèche, cf. texte). Fig. 9: ouverture latérale d'une copula et insertion de la ligule (flèche). Fig. 10: structure des pores d'une copula.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

tral"). Intérieurement, chaque branche du raphé s'achève au niveau de l'hélictoglosse placé dans la partie ventrale de l'apex (fig. 2); cet hélictoglosse se prolonge par un épaississement siliceux jusqu'au niveau de la rimoportula (fig. 2), épaississement siliceux qui correspond extérieurement à une surface hyaline (fig. 3, flèche blanche étêtée) sur laquelle court la fissure terminale; celle-ci stoppe à l'extrémité axiale de la face valvaire (fig. 5, flèche noire) à l'aplomb de l'ouverture externe de la rimoportula (fig. 5, flèche noire étêtée).

Le cingulum est composé de bandes cingulaires s'incurvant vers les extrémités en épousant la forme des pôles (fig. 5 et 6); toutes les bandes cingulaires sont ouvertes à une extrémité en alternance l'une après l'autre (fig. 3, 6 et 9), comme c'est le cas chez la plupart des diatomées Pennales (Round *et al.*, 1990). Le nombre de bandes cingulaires constituant la ceinture varie suivant les individus observés en fonction naturellement du cycle végétatif mais aussi de l'état de conservation après traitement. Un cingulum constitué d'au moins 7 bandes cingulaires a pu être observé (fig. 5); l'épicingulum (4 bandes dont la plus abvalvaire indiquée par la flèche blanche) recouvre presque entièrement l'hypocingulum sauf vers les pôles (3 bandes visibles). Chez d'autres individus (fig. 6), 5 bandes constituent l'épicingulum. La valvocopula et la copula advalvaire ont sensiblement la même largeur (fig. 5, 6 et 9); à partir de la 2ème copula (fig. 5 et 9), cette largeur diminue et cette tendance s'accentue pour les copulae abvalvaires de 3ème et 4ème ordre; les bandes cingulaires peuvent alors se réduire à un mince ruban qui se conserve très mal, même après un traitement préparatoire doux; c'est ainsi que des restes de différentes parties de copulae ont pu être observés à plusieurs reprises (fig. 3: flèche blanche; fig. 5: flèche blanche; fig. 6: flèche blanche).

La valvocopula est marquée par un décrochement longitudinal permettant son emboîtement sur la valve; ce décrochement, signalé par une ligne de pores, sépare donc la partie externe et la partie interne de la bande (fig. 4). Ces deux parties (fig. 7) sont de largeur sensiblement égale, l'ensemble pouvant atteindre 8 µm. La partie externe (fig. 4 et 7) est ornementée par des pores, environ 25 rangées transversales en 10 µm et 6 pores par rangée. La partie interne se caractérise par la présence d'indentations (fig. 7), environ 10 en 10 µm, ce qui correspond au nombre d'interstries valvaires sur lesquelles elles vont s'imbriquer; elle est également ornée de pores mais seulement de 15 rangées transversales en 10 µm.

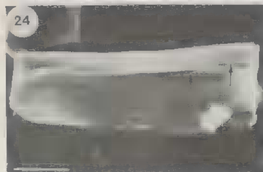
Les copulae se distinguent facilement des valvocopulae par la présence d'une ligule dentelée (fig. 3). Partie externe et partie interne (fig. 8) sont ornées d'un nombre égal de rangées transversales de pores (environ 25 en 10 µm); la bordure de la partie interne est soit frangée (fig. 3) soit lisse (fig. 8). Comme chez la valvocopula, la limite

---

Fig. 11-19: *Eunotia bilunaris*. Fig. 11: vue interne d'une valve. Fig. 12: vue interne d'un pôle montrant la saillie interne (flèche) reflétant la fissure terminale. Fig. 13: vue interne du pôle avec rimoportula, hélictoglosse et branche du raphé sur le manteau ventral. Fig. 14: vue externe montrant le raphé et l'alternance de l'ouverture des bandes cingulaires. Fig. 15: vue externe montrant les interstries saillantes sur la face valvaire. Fig. 16: ouverture externe de la rimoportula (flèche) et sa position par rapport à la fissure terminale. Fig. 17: épicingulum avec diminution de la largeur des copulae distales, indentations de la valvocopula (flèches, cf. texte). Fig. 18: extrémité d'un frustule avec cingulum ▮ 4 bandes cingulaires visibles. Fig. 19: valvocopula. Fig. 20, 21: *Eunotia formica*. Fig. 20: vue externe d'une valve. Fig. 21: extrémité d'une valve avec fissure terminale, sternum (flèche) et ouverture de la rimoportula (flèche étêtée). Fig. 11 et 21: échelle 10 µm; fig. 12: échelle 1 µm.

Source : MNHN, Paris









Source : MNHN, Paris

de la partie interne emboîtée sous la bande précédente se marque par une ligne longitudinale de pores (fig. 8, flèche blanche) qui restent toujours visibles (fig. 5, flèche blanche). Les pores des bandes cingulaires sont fermés extérieurement par un velum de type rota (fig. 10).

Que ce soit sur les valvocopulae ou sur les copulae, l'ouverture polaire permettant l'insertion de la ligule est latérale (fig. 4, 6 et 8).

***Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills.**

Cette espèce a été étudiée à partir de récoltes effectuées dans la tourbière d'Azet et dans la rivière Scorff. Chaque valve présente une seule rimoportula (fig. 11) placée dans la partie axiale du pôle (fig. 13 et 16, flèche). Chaque branche du raphé se place sur le manteau (fig. 13, 14 et 15) côté ventral de la valve; la fissure terminale se traduit en vue interne par une saillie longitudinale axiale (fig. 12, flèche blanche) interrompant les stries; en vue externe, cette fissure terminale se manifeste sous la forme d'un crochet prenant naissance au niveau de l'hélictoglosse et se termine en direction du centre de la valve dans le prolongement externe de la rimoportula (fig. 16).

Seuls des cingulums à 4 bandes ont pu être observés (fig. 14, 17 et 18); il semblerait qu'ils appartiennent toujours à l'épicingulum. Les bandes cingulaires sont ouvertes à une extrémité en alternance l'une après l'autre (fig. 14). Comme chez *Eunotia arcus*, la limite de la partie externe et de la partie interne de chaque bande se marque extérieurement par une ligne longitudinale de pores (fig. 17, flèches blanches et fig. 19). La largeur des bandes cingulaires, comme chez *Eunotia arcus*, va en diminuant de la valvocopula aux copulae abvalvaires (fig. 17). Une seule valvocopula a pu être observée correctement (fig. 19); elle a une largeur d'environ 4,5 µm, partie externe et interne étant équivalente; des indentations lui permettent de s'imbriquer sur les interstries ou virgae (Cox & Ross 1981) de la valve, chaque échancrure se prolongeant par un gros pore.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Sur les diverses espèces examinées, la structure du système raphéen confirme les observations antérieures résumées par Round *et al.* (1990). Les branches du raphé se trouvent toujours sur le manteau, côté ventral de la valve; les principales différences entre espèces se situent au niveau de la fissure terminale. Intérieurement, au M.E.B., cette fissure terminale se traduit, dans le prolongement de l'hélictoglosse, par un épaississement siliceux orienté soit en biais vers le pôle comme chez *E. arcus* (fig. 2) ou *E. parallela* (fig. 23) soit en sens inverse comme chez *E. bilunaris* (fig. 12, flèche blanche). La fissure terminale est la seule partie du système raphéen présente au moins

---

Fig. 22, 23: *Eunotia parallela*. Fig. 22: vue externe du pôle avec fissure terminale, ouverture de la rimoportula et sternum (flèche). Fig. 23: vue interne d'un pôle avec hélictoglosse et rimoportula. Fig. 24-26: *Eunotia minor*? Fig. 24: vue d'une hypovalve, de l'épicingulum et parties de l'hypocingulum (flèches). Fig. 25: extrémité du même individu (flèches, cf. texte). Fig. 26: autre extrémité de l'individu de la fig. 24 (flèches, cf. texte). Fig. 27: *Eunotia incisa*. Raphé et sternum (flèche). Fig. 28: *Eunotia rhomboidea*, fissure terminale, ouverture de la rimoportula (flèche étêtée) et ligne de pores (flèche noire) séparant parties externe et interne des bandes cingulaires. Fig. 24, 25 et 27: échelle 10 µm; fig. 26 et 28: 1 µm.

Source : MNHN, Paris

en partie sur la face valvaire; elle peut épouser la forme du pôle et se terminer côté dorsal de la face valvaire, par exemple chez *E. formica* (fig. 20 et 21); elle peut s'incurver en hameçon sur la face valvaire comme chez *E. bilunaris* (fig. 15) ou *E. latitaenia* (Kobayasi *et al.*, 1981); elle peut dessiner une courbure plus ou moins marquée comme chez *E. rhomboidea* (fig. 28) ou *E. parallela* (fig. 22). Cette fissure terminale paraît absente chez *E. incisa* (fig. 27). Chez cette espèce, le sternum court sans interruption d'une extrémité à l'autre de la valve (fig. 27, flèche), ce qui est exceptionnel; sur d'autres espèces, le sternum marginal semble s'éloigner du bord de la face valvaire au voisinage des pôles et il se marque alors par une simple interruption des stries (fig. 21 et 22, flèches).

Le cingulum du genre *Eunotia* est difficile à "disséquer" dans la mesure où l'épicingulum recouvre presque entièrement l'hypocingulum; les figures 24 et 25, qui se rapportent sans doute à *E. minor* (Kütz.) Grun. en sont l'illustration avec une hypovalve et 4 bandes cingulaires de l'épicingulum; l'hypocingulum est seulement visible par fragments (fig. 24 et 25, flèches). Sur ce spécimen, on retrouve toutefois les grandes caractéristiques mises en évidence dans ce travail et antérieurement (Round *et al.* 1990):

- extérieurement, l'emboîtement des différentes bandes se marque par une ligne de pores (fig. 26, flèche ou fig. 28, flèche) qui, par suite, délimite la séparation de la partie externe et de la partie interne (fig. 26, flèche étêtée).

- les parties externes et internes de chaque bande sont ornées de rangées transversales de pores distribués différemment sur l'une et l'autre.

- la partie interne de la valvocopula présente des indentations marginales qui s'imbriquent sur les interstries ou côtes de la valve.

- la largeur des copulae diminue à mesure que l'on s'éloigne de la valve.

- dans la mesure où l'épicingulum recouvre l'hypocingulum, l'organisation classique du cingulum (Von Stosch, 1975; Ross *et al.*, 1979) ne semble pas pouvoir s'appliquer ici; quel serait en effet la fonction de bandes connectives ou pleurae?

RÉFÉRENCES

ALLES E., NÖRPEL M. & LANGE-BERTALOT H., 1991 - Zur Systematik und Ökologie charakteristischer *Eunotia*-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. *Nova Hedwigia* 53: 171-213.

CARTER J.R. & FLOWER R.J., 1988 - A new species of *Eunotia, E. pirla* sp. nov. from Woolmer Pond. an acid pool in the southeast of England. *Diatom Research*, 3 (1): 1-8.

COX E.J. & ROSS R., 1981 - The striae of the pennate diatoms. *Proc. 6 th. Symp. recent and fossil diatoms 1980.* Koegnistein, Koeltz: 267-278.

HASLE C.R., 1973 - The mucilage pore of pennate diatoms. *Nova Hedwigia,* Beih. 45: 167-186.

KOBAYASI H., ANDO K. & NAGUMO T., 1981 - On some endemic species on the genus *Eunotia* in Japan. *Proc. 6 th. Symp. recent and fossil diatoms 1980.* Koegnistein, Koeltz: 93-115.

KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991 - *Süsswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3: Bacillariophyceae, 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae.* Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 576 p.

MOSS M.O., GIBBS G., GRAY V. & ROSS R., 1978 - The presence of a raphe in *Semiorbis hemicyclus* (Ehr.) Patr.- *Bacillaria* 1: 137-150.

Source : MNHN, Paris

ROSS R., COX E.J., KARAYEVA N.I., MANN D.G., PADDOCK T.B.B., SIMONSEN R. & SIMS P.A., 1979 - An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia*, Beih. 64: 512-533.

ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN D.G., 1990 - *The diatoms* - Cambridge University Press, Cambridge, 747 p.

SCHRADER H.J., 1973 - Types of raphe structure in the diatoms. *Nova Hedwigia*, Beih. 45: 145-217.

STEINMAN A.D. & SHEATH R.G., 1984 - Morphological variability of *Eunotia pectinalis* (Bacillariophyceae) in a softwater Rhode Island stream and in culture. *J. Phycol.* 20: 266-276.

STOSCH H.A.Von, 1975 - An amended terminology of the diatom girdle. *Nova Hedwigia*, Beih. 53: 1-35.

Source : MNHN, Paris